PAMPHLETS
70
SAC

1 S OCT. 1923

l'auteur
F. Sacco

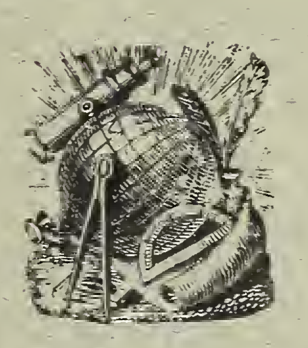
LES LOIS FONDAMENTALES

DE

L'OROGÉNIE DE LA TERRE

PAR LE

Doct. FEDERICO SACCO
Prof. à l'Ecole des Ingénieurs et à l'Université
de Turin





TURIN
C. CLAUSEN - H. RINCK SUCC.
Libraire de l'Académie des Sciences
1906

LES LOIS FONDAMENTALES

DE

L'OROGÉNIE DE LA TERRE

PAR LE

Doct. FEDERICO SACCO

Prof. à l'Ecole des Ingénieurs et à l'Universite
de Turin





TURIN

C. CLAUSEN - H. RINCK SUCC.

Libraire de l'Académie des Sciences

1906

Tip. P. Gerbone. Gaudenzio Ferrari 3 Torino

Vers la moitié du XVIIe siècle Nicolas Sténon, à la suite de ses longues et diligentes études sur l'Apennin de la Toscane, dans son mémoire « *De solido intra solidum generaliter contento* » publié à Florence en 1669, traitant des *Montium origo*, après avoir établi que *montes omnes hodiernos non existisse a principio rerum*, indiquait très clairement que les *strata Terrae*, originés par des sédimentations successives, et premièrement horizontaux, ensuite, (par des cassures, fragmentations, affaissements, bouleversements, etc. survenus en des époques successives) prirent des formes différemment inclinées et originèrent en conséquence les reliefs montagneux et les dépressions interposées. A son étude Sténon ajoutait une planche intéressante où *sex figurae indicant quo modo ex presenti facie Etruriae colligimus sex distinctas Etruriae facies, simul serviunt illis facilius intelligendis quae de stratis Terrae diximus.* Avec cet ouvrage, fondé sur des observations stratigraphiques faites directement sur le terrain, Sténon jettait les bases scientifiques de la Géo-tectonique et par conséquent aussi de l'Orogénie terrestre.

Sténon, par la prévalence donnée dans cet ouvrage à la théorie des effondrements, peut être considéré comme un précurseur de Suess et le fondateur du *Catastrophisme* ou *Cataclysmisme* en général qui fut une des premières théories géologiques, car seulement beaucoup plus tard naquit l' *Uniformatorisme* et l'*Actualisme* de Hutton, Lyell, C. Prévost, etc., et plus tard encore l'*Evolutionisme*, en partie cosmogonique, de Lord Kelvin, G. H. Darwin, etc.

Après Sténon ces recherches furent pendant longtemps délaissées et c'est seulement beaucoup plus tard que furent reprises ces études, parmi lesquelles, quoique souvent d'ordre très général et de caractère plus physique et géométrique que géologique, nous pouvons rappeler particulièrement cel-

les de J. Hutton (*Theory of the Earth*, 1788 ; J. Hall, avec différents ouvrages dès le commencement du XIX[e] siècle, comme « *On the Convolution of strata at their junction with Granite*, 1812-1815 », mais spécialement avec sa « *Theory of Mountains*, en *Natural History of New-York*, *Paleontology*, III, 1859 »; W. Hopkins (*Researches in Physical Geology*, 1835); R. Owen (*Key of the Geology of the Globe*, 1857); J. H. Pratt (*The Figure of the Earth*, 1860); N. S. Shaler (*On the formation of Mountains Chains*, 1866); O. Fisher (*On the Elevation of Mountains Chains*, 1868); J. Dana avec différents ouvrages à dater de 1847 (*Geological results of the Earth's contraction*), (*Origin of the great outline features of the Earth*), (*General Review of the Geological effects of the Earth's Cooling*), (*Results of the Earth's contraction from cooling*, etc., 1873); Magnan (*Du mode de formation des montagnes*, 1874); R. Mallet (*Volcanic Energy*, 1874); J. Le Conte avec plusieurs ouvrages (*Formation of the great features of Earth's surface*, 1873), (*Theory of the origin of Mountains Ranges*, 1893) et (*Earth-crust movements and their causes*, 1897); F. Pfaff (*Die Mekanik der Gebirgsbildung*, 1883); Read Mellard (*Theory of the origin of Mountains Ranges*, 1886) et (*The Evolution of Earth structure*, 1903); S. Reyer (*Theoretische Geologie*, 1888); Woodward (*Mathematical Theories of the Earth*, 1889); C. E. Dutton (*On some of the greatest problems of Physical Geology*, 1892), etc. etc.

Mais c'est particulièrement dans le dernier quart du XIX[e] siècle que, sous l'impulsion puissante des ouvrages, soit de Suess (*Enstehung der Alpen*, 1875), lequel, dans son œuvre magistrale « *Das Antlitz der Erde* », vient résumant en une admirable synthèse les plus importantes études géologiques faites dans les différentes régions terrestres, soit de Heim (*Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung*, 1878), les études géo-tectoniques prirent un essor merveilleux et un développement de plus en plus précis et minutieux par l'œuvre de nombreux géologues, parmi lesquels nous voyons émerger, comme de vrais Maîtres de la Géo-tectonique, M. M. Bertrand, Lugeon, Haug, Kilian, Geikie, Gosselet, Holmquist, Lapworth, Reyer, Rothpletz, Schardt, Termier, Törnebohm, etc., si bien que maintenant, par l'œuvre active et géniale d'un si grand nombre de savants, les reliefs de la surface terrestre prennent à nos yeux un nouvel aspect, nous semblent presque animés d'une vraie vie propre, quelquefois, c'est vrai, déjà consumée par vieillesse, mais souvent plus ou moins florissante et active, de façon à faire évanouir la proverbiale stabilité des montagnes.

Pendant que se développaient les études spéciales de Géo-tectonique et après que J. Hall, dès le commencement du XIX[e] siècle, avec son mémoire « *On the Convolutions of strata, ect.* », abandonnant la conception des poussées verticales comme cause des soulèvements des montagnes, commença à les interpréter comme ridements dûs aux pressions latérales,

l'idée surgissait aussi naturellement que ces phénomènes, qui plasmèrent la Géomorphologie et qui vont aujourd'hui même agitant la croûte terrestre, dussent suivre quelque loi générale; c'est ainsi par conséquent que furent proposées plusieurs théories orogénétiques.

Nous rappellerons à ce propos, laissant de côté tout détail et les hypothèses les moins importantes, que dès 1844 A. Boué dans son « *Mémoire à l'appui d'un essai de la Carte géologique du Globe terrestre* », appliquant l'Orographie à la Géologie, faisait remarquer plusieurs symmétries présentées par les grands continents. Presque contemporainement Boucheporn esquissait 14 grands cercles sur la surface terrestre dans ses « *Etudes sur l'Histoire de la Terre* » en y unissant une Carte des anciens équateurs. En ce même temps Pissis, dans son « *Mémoire sur les rapports qui existent entre la figure des Continents et les directions des Chaines des Montagnes* » développait la théorie que les lignes qui limitent les Continents sont représentées dans leurs directions par 15 grands cercles, c'est-à-dire qu'il y aurait à la surface terrestre 15 systèmes de direction avec 4 centres d'intersection. A cette théorie se rapproche celle de R. Owen « *Key of the Geology of the Globe* (1857) » selon laquelle les lignes principales des Continents se trouveraient dans la direction des grands cercles de la sphère, cercles qui seraient en général tangentiels au cercle arctique et antarctique.

Elie de Beaumont, qui dès 1829, dans ses « *Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du Globe* », reconnaissait qu'en grande partie les bourrelets de la croûte terrestre étaient dûs à des contractions du noyau intérieur de la Planète et présentait une certaine chronologie des systèmes des Montagnes, plus tard, dans ses « *Notices sur les systèmes des Montagnes*, 1852 », développait la théorie du *réseau* ou *système pentagonal*, selon lequel, par de simples lois de symmétrie et de direction rectiligne, les reliefs terrestres se seraient formés en divers moments géologiques; théorie fameuse à son époque, mais abandonnée plus tard quand on vit qu'elle ne correspondait pas aux faits généraux.

En 1873 Lowthian Green, dans l'ouvrage sur les « *Vestiges of the molten Globe as exhibited in the figure of the Earth's volcanic action and physiography*, Part I » développa la théorie du *système tétraédrique* ou *ternaire*, appuyée sur plusieurs homologies géographiques (qui peuvent s'interpréter comme les éléments d'une symmétrie tétraédrique), sur la position subéquatoriale de la dépression méditerranéenne (expliquée par une différence de vitesse linéaire entre les parties boréales et celles australes de la croûte terrestre, par conséquent par une torsion et une conséquente cassure, décollement et déchirement de la zone subéquatoriale), et de plus en rélation avec le fait qu'une enveloppe sphérique en voie de déformation tend à prendre la forme d'une figure coordonnée à la symmétrie tétraédrique.

Cette théorie, plus ou moins modifiée par la suite par les différents auteurs, est celle qui est maintenant la plus généralement acceptée.

Plus tard I. Macpherson, étudiant la « *Relacion entre la forma de las depresiones oceánicas y las dislocaciones geológicas*, 1888 » relie l'Orogénie terrestre avec des fractures et des affaissements en conformité à des lois géométriques, spécialement selon deux directions rectangulaires entre elles.

Presque en même temps Marcel Bertrand, qui déjà dans son ouvrage sur « *la chaîne des Alpes et la formation du continent européen*, 1887 » avait émis l'idée du recul progressif des chaînes de montagnes vers le Sud, en son importante étude « *sur la distribution géographique des roches éruptives en Europe*, 1888 » développait mieux cette idée, selon laquelle « les régions polaires se seraient refroidies les premières ; puis avec le progrès du refroidissement tous ces phénomènes se seraient propagés vers le sud par une série d'ondes irrégulières, mais grossièrement concentriques ».

Un peu plus tard, c'est-à-dire en 1892, Marcel Bertrand en son mémoire « *Sur la déformation de l'Ecorce terrestre* » développait une nouvelle théorie orogénétique que l'on peut appeler *du réseau de lignes orthogonales de déformation*, ou du *Réseau de déformation avec croisements orthogonaux*, ou simplement du *Réseau orthogonal*, selon laquelle « la Terre se déformerait progressivement, en se ridant suivant un réseau de plis ou de courbes orthogonales, les premières circumpolaires, ondulées et grossièrement parallèles à l'équateur, les secondes presque perpendiculaires aux premières et convergentes vers les régions polaires »; c'est-à-dire qu'il s'agirait d'un double système de ridements, suivant les méridiens et suivant les parallèles, probablement autour des pôles magnétiques. M. Bertrand en délinéant « *les lignes directrices de la Géologie de la France*, 1894 » répétait la même théorie « que ce serait ce double réseau de lignes orthogonales qui formerait les lignes directrices de la déformation du Globe et de la construction graduelle de nos continents ».

Cette idée d'une espèce de Môle universel arctique, avec des ondes orogéniques autour du pôle, fut ensuite acceptée et développée par beaucoup de géologues jusqu'aujourd'hui.

En 1895 je publiais un « *Essai sur l'Orogénie de la Terre* » dans lequel je cherchais à expliquer l'Orogénie terrestre sur la base simplement des faits géologiques, tectoniques et orohydrographiques établis; à cet ouvrage était jointe une carte orogénique assez simple, d'où fut extrait ensuite un *Globe orogénique de la Terre*, que j'eus l'honneur de présenter, dans une conférence tenue à cet effet le 30 Août 1897 à S.t Pétersbourg devant le VIIe Congrès géologique international (*Congrès géol. internat.*, *C. R. de la VII Session*, *CLXXIX*, *Procès-verbal de la Séance relative aux travaux de Géologie générale*).

Pour le développement de cette théorie je renvoye directement à

mon ouvrage cité de 1895; je rappelle seulement que par la suite j'eus le plaisir de voir qu'elle était dans son ensemble confirmée par les plus récentes recherches, et qu'en outre plusieurs des lignes orogéniques indiquées dans mon *Essai* étaient adoptées par plusieurs géologues, soit en des études spéciales, soit dans des ouvrages importants d'ordre général.

L'année successive, en 1896, H. Habenicht dans un mémoire spécial « *Grundriss einer exacten Schöpfungs-Geschichte* » énonça et illustra avec de nombreuses planches une nouvelle théorie orogénique qui sembla peu vraisemblable qui et par conséquent ne fut pas bien reçue. On peut l'appeler la *Théorie des grands Bassins crateriques de la Sphère terrestre*, Bassins, dont les plus grands corresponderaient essentiellement un l'au monde ancien et l'autre à l'océan pacifique et qui, durant l'évolution de la surface de la Terre, se seraient ouverts comme des bulles trop gonflées, éruptant des matériaux endogènes, puis se seraient renfermés pour se réouvrir plus tard, mais moins amplement, se soudant de nouveau avant l'Ere quaternaire.

Peu après, c'est-à-dire en 1898, Michel Lévy, avec son ouvrage « *sur la coordination et la repartition des fractures et des effondrements de l'ecorce terrestre en relation avec les épanchements volcaniques* » renforçait la théorie tétraédrique, en supposant que la surface terrestre, tendant à la forme tétraédrique, se fend suivant les arêtes d'un tétraèdre, avec pourtant des déplacements d'environ 20°; il indique sur la sphère terrestre 6 grands cercles principaux du système tétraédrique et cherche à les faire correspondre avec les principaux alignements des épanchements volcaniques qui doivent jalonner les arêtes saillantes du tétraèdre, tentant de faire l'application de la symmétrie tétraédrique avec les principales trainées d'effondrements et de cassures du globe terrestre.

M. Bertrand en 1900, après avoir présenté un « *Essai d'une théorie mécanique de la formation des montagnes. Deplacement progressif de l'axe terrestre* », précise mieux, en la même année, son idée dans son ouvrage sur la « *Déformation tétraédrique de la Terre et deplacement du pôle* ». Selon M. Bertrand toutes les éruptions actuelles s'ordonnent suivant 6 grands cercles déformés; 3 dessinent la zone méditeranéenne, 3 vont converger non loin des pôles. Il trace un tétraèdre des fractures volcaniques en y indiquant aussi la ligne de déplacement du pôle; enfin, pour expliquer la persistance de la forme du tétraèdre pendant que l'axe terrestre se déplace, il est conduit à supposer que l'écorce terrestre, c'est-à-dire la zone relativement mince qui se déforme, glisse sur une couche profonde à tension nulle (selon qu'admettent plusieurs géologues et physiciens, comme Davidson, Darwin, etc.) et par conséquent sur le noyau non déformé du globe terrestre.

Quant à l'idée du déplacement des pôles, déja développée en 1874 par Lord Kelvin et adoptée par Kreichgauer, etc., je crois qu'elle peut

seulement être acceptée pour de simples oscillations de l'axe de rotation de la Terre, c'est-à-dire de peu de dégrés, p. e. jusqu'à la coïncidence approximative des pôles terrestres avec les pôles magnétiques actuels; mais non pas dans le sens de grandioses déplacements de l'axe terrestre, que certains géologues, même récemment, voudraient admettre et que la Mécanique céleste d'une part et la Géologie générale de l'autre ne me semblent pas disposées à accepter.

En cet effort pour trouver une loi géométrique ou crystallographique générale qui détermine les directions des plis et des dislocations de l'écorce terrestre s'ajouta tout récemment J. Golfier avec son « *Esquisse d'un système orthogonal*, 1903 » ou *Système octaédrique*, très simple, avec seulement trois grands cercles principaux, que l'auteur traça sur un Mappemonde spécial, c'est-à-dire Grand cercle du Pacifique, Equateur méditerranéen et Méridien de l'Etna, qui serait l'axe de symmétrie du système.

Encore plus récemment M. Arldt (*Die Gestalt der Erde*, 1905) résumait et condensait en une nouvelle forme la Théorie tétraédrique de Green.

Pour expliquer l'Orogénie de la Terre doit-on vraiment accepter la théorie tétraédrique qui traverse depuis trente ans victorieusement le champ scientifique?; ou quelqu'une autre semblable à base plus ou moins crystallographique?

Pour mon compte je ne le crois pas, soit parce que je trouve forcées les homologies géographiques indiquées par les auteurs et leur adaptation aux arêtes d'un cristal et même d'une forme dérivée d'un cristal; soit parce qu'il me semble tout-à-fait disproportionné le rapport entre l'énorme masse terrestre et la petitesse des reliefs superficiels qui devraient représenter les arêtes et les angles de cette masse cristallisée; soit parce que la masse terrestre n'est pas constituée par une seule matière minérale qui puisse cristalliser selon un système donné, mais elle est au contraire un ensemble d'éléments, nombreux et variés, qui, en outre, dans l'intérieur du globe terrestre, ne sont pas probablement à l'état, dirais-je, minéral, mais de magma complexe.

Mais si les théories cristallographiques ne me semblent pas acceptables, je crois pourtant que l'Orogénie générale de la Terre n'est pas simplement dûe au hasard, mais qu'elle est réglée, au moins dans ses lignes directives complexives, par une loi générale de caractère essentiellement physico-mécanique.

En effet, déjà en 1895 dans mon « *Essai sur l'Orogénie de la Terre* », traitant des premières dislocations de la Lithosphère, j'écrivais:

« Ce phénomène de ridement ne prit point place uniformément sur « toute la surface terrestre, mais commença à se vérifier et à s'accentuer « d'une manière spéciale, à la fin de l'ère archaïque, dans la vaste région « africo-arabe et, comme une éspèce de grande vague périphérique à celle- « ci, dans la région sibérienne, calédonienne, nord-américaine, guyanienne, « brésilienne, australe, australienne, etc. Il en résulta par conséquent une « sorte de dépression océanique, irrégulièrement subanulaire (atlantico-in- « do-méditerranéenne), et, diamétralement opposée a la zone centrale, di- « rais-je, du ridement africo-arabe, une zone immense de dépression ir- « régulièrement circulaire, la grande dépression de l'Océan Pacifique ».

Or, puisque le Globe terrestre présente l'écrasement polaire bien connu, fait dont l'origine fut retrouvée par les calculs de Newton et de Laplace et attribuée sans contestation à la rotation terrestre, ainsi qu'il a été ensuite prouvé matériellement par la fameuse expérience de Plateau (1842), ne pourrait-on pas expliquer aussi, par un phénomène physico-mécanique, la génèse de l'ossature générale, fondamentale, de l'Orogénie terrestre, telle que je l'ai esquissée en 1895 avec les lignes susindiquées?

Notons à ce propos que si en ce sphéroide de révolution, ou ellipsoïde de rotation déformé, qui constitue le globe terrestre, la dépression polaire est seulement un peu plus de 21000 mètres, la différence entre les plus grandes profondités océaniques et les plus grandes hauteurs continentales connues, c'est-à-dire le vrai relief de la croûte terrestre (abstraction faite de l'enveloppe acqueuse), surpasse les 18000 mètres, valeur pas trop lointaine de la prémière ; cela laisse douter que les deux faits puissent avoir en partie une cause analogue d'ordre essentiellement physique.

Quant à la déformation d'une sphère en contraction, par diminution de volume, ce sont certainement intéressantes les observations de Green sur les déformations des bulles de gas en un liquide, les expériences de Fairbairn sur l'écrasement des tubes à section circulaire et celles de Lallemand faisant un vide partiel dans une sphère de cautchouch, ce qui correspond du reste à la section de sphère en contraction figurée par le Rev. Osmond Fisher dans sa fameuse « *Physics of the Earth's Crust*, pag. 171, 1e edit. 1881 ».

Mais les observations suivantes me semblent encore plus importantes pour la question qui nous occupe.

Dès 1878 le colonel Clarke eût à conclure, par de différentes données, que la Terre n'est pas un sphéroïde, mais un ellipsoïde à trois axes inégaux, un des diamètres équatoriaux étant légèrement plus long que l'autre qui lui est orthogonal ; l'axe plus long intersèquerait la surface terrestre dans le continent africain. Conclusion à laquelle vint aussi, avec quelque variante, le Général Schubert.

Or, des calculs de genres divers faits par plusieurs auteurs, spécia-

lement par G. H. Darwin (*Jacobi's figure of equilibrium*, 1886), (*Figures of equilibrium of rotating masses*, 1887), (*On the pear shaped Figure*), (*On the stability of the pear-figure*), etc.; par Poincaré (*Sur l'equilibre d'une masse fluide animee d'un mouvement de rotation*, 1885), (*Sur la stabilite des figures pyriformes*), etc.; par S. Krüger (*Ellipsoidale Evenwichtsvormen*, 1896), etc., ont pu établir que si une masse fluide rotante, en rejoignant un état d'équilibre (par la double action de la force centrifuge dûe à la rotation et la force centripète dûe à l'attraction mutuelle de ses particules), peut assumer la forme globulaire plus ou moins écraseé aux pôles (selon la vitesse de sa rotation), c'est-à-dire la forme stable (dite *planetaire* ou *figure de Maclaurin*), elle peut pourtant assumer aussi une autre forme d'équilibre, c'est-à-dire une figure ellipsoïdale (dite *figure de Jacobi*), laquelle, en se déformant, peut prendre une forme à poire (dite *figure de Poincaré*). Spécialement intéressante à cet égard c'est la figure de Poincaré, calculée récemment par Darwin (*The Tides and Kindred Phenomena of the Solar System*, 1898). En effet elle montre justement que la figure à poire, originée par la déformation de la figure de Jacobi, présente, en rapport à cette dernière (Voir la fig. 1 de la Planche), un des diamètres équatoriaux (je dirais celui africain) plus long que celui opposé (je dirais du Pacifique), pendant qu'autour du relief relatif (que j'indiquerais comme africain) se montre une éspèce de dépression (je dirais océanienne : atlantico-indo-méditeranéenne) ; au contraire autour de la grande dépression (que j'indiquerais comme du Pacifique) apparait une zone relevée (je dirais la grande ceinture américaine-eurasique australienne-antarctique).

Dernièrement, des observations intéressantes sur cette forme à poire, *pear like shape*, ainsi que l'appellent les géologues et mathématiciens anglais, bien qu'il s'agisse d'une forme assez différente de celle d'une poire, ont été faites par J. H. Jeans (*On the vibrations and stability of a gravitating Planet*, 1903) et par W. I. Sollas (*The Figure of the Earth*, 1903) et (*The Age of the Earth and other geological studies*, 1905).

Selon Jeans le Globe terrestre, dans son refroidissement, ne serait pas résulté complètement sphérique, mais il présenterait une conformation légèrement asymmétrique, avec le centre de gravité ne coïncidant pas parfaitement avec le centre de figure et avec une forme lointainement semblable à une poire (Voir fig. 2 de la Planche); les deux hémisphères, l'un essentiellement continental, l'autre spécialement océanique, se comprimant réciproquement, et aussi par naturelle attraction pendant le processus de refroidissement, auraient donné lieu à la figure 3 de la Planche, forme qui correspond assez bien dans l'ensemble a ce que j'avais exposé à page 45 de mon *Essai sur l'Orogénie de la Terre*, 1895, me basant alors sur des faits purement géologiques et orohydrographiques.

Il me semble par conséquent assez important pour la loi fondamen-

tale de l'Orogénie de la Terre la constatation qu'à ce sujet on est arrivé à des résultats analogues par des études faites par de différents auteurs et ayant des bases différentes, mathématiques, géometriques, géologiques et géographiques.

Suivant ces études et selon mon interprétation surindiquée, nous pouvons dire, que, pendant que le Globe terrestre se contractait lentement, se refroidissant et se solidifiant à la surface, dans la lithosphère primitive qui, étant obligée à se déformer, cherchait (par des plissements, des affaissements, etc.) à rejoindre un équilibre statique, s'esquissèrent les premières grandes zones et aréas générales de relief (ou saillies continentales) et celles de dépression (ou bassins océaniques) de la surface terrestre, c'est-à-dire : une grande aréa relevée, je dirais centrale (Afrique l. s.) avec la ceinture de dépressions océaniques (atlantico-indo-méditerranéenne), une gigantesque ceinture relevée, interrompue, ou collier à reliefs grandioses continentaux (américains-eurasique-australien-antarctique), et, opposé au grand relief africain, une immense dépression (le grandiose Océan Pacifique).

Cela posé, pouvons-nous éspérer de trouver les lois spéciales selon lesquelles se constituèrent dans leurs formes variées les anciennes et différentes aréas relevées ou continentales et celles déprimées ou océaniques?

La masse terrestre n'ayant pas été probablement jamais absolument uniforme, en particulier dans sa partie périphérique, mais ayant dû présenter des différences plus ou moins importantes de constitution, de densité, de température, de conducibilité calorifique, etc., et par cela même des variations dans les changements de volume (contractions ou expansions), dans les extravasions magmiques, dans le dynamisme, dans la cristallisation, la solidification, etc., et comme, d'un autre côté, elle est sollicitée par des forces nombreuses et variées, soit de nature astronomique, soit chimico-physiques internes et externes, ainsi il est probable que (bien que s'esquissant les directrices fondamentales susindiquées) il se soit produit entre les différentes régions de la surface terrestre des irrégularités et des différences notables; par conséquent ces phénomènes ne peuvent plus se réunir sous une seule et véritable loi générale et ils originèrent, par diastrophismes, etc., la variété que nous constatons aujourd'hui dans la forme des différents continents et océans, bien que la lithosphère tendit toujours dans son ultérieure évolution à se maintenir dans un état d'équilibre statique (*Isostasie* de Dutton).

Néanmoins si, faisant abstraction des zones orogéniques récentes qui modifièrent et masquèrent en grande partie l'Orogénie primitive, nous

considérons seulement la forme des aréas continentales plus anciennes, qui naturellement nous indiquent mieux les formes premières et fondamentales de l'Orogénie terrestre, nous sommes bientôt frappés par le fait que ces anciens massifs de première consolidation sont, dans leurs contours, d'une forme plutôt rigide et anguleuse et de préférence irrégulièrement subtriangulaires, ainsi que l'on voit clairement dans les massifs de l'Afrique (avec l'Arabie), de l'Inde, de l'Amérique du Nord, de l'Amérique du Sud, etc.

Si nous rapprochons entre eux ces massifs anciens, faisant abstraction des dépressions océaniques intermédiaires, nous voyons avant tout qu'ils peuvent tous se réunir en un seul hémisphère, que nous pouvons appeler *Hémisphère continental*, au centre duquel se trouve à peu près le grand massif subtriangulaire africain (l. s.).

Nous pouvons de plus constater que ces massifs présentent des corrélations indéniables dans la direction des bords respectivement opposés, si bien que l'on y vérifie souvent une juxtaposition très évidente. Ainsi par exemple le bord oriental du Groënland correspond au bord N. O. de l'Europe, l'Afrique occidentale semble aller pénétrer entre les deux grandes masses triangulaires de l'Amérique, le bord anguleux de l'Amérique du Sud semble vraiment devoir s'insinuer dans l'angulosité analogue, rentrante, de l'Afrique occidentale, etc.

L'état de morcellement du bord méridional du massif européen en rend moins nets les rapports, que néanmoins on entrevoit dans l'ensemble, avec le bord septentrional du massif africain-arabe. Quant à la partie orientale du massif africo-indien, comme il y existe plusieurs irrégularités (c'est-à-dire des grandes fractures, comme celles indo-arabes, et des appendices notables comme celle de l'Inde et de Madagascar), il est pour cela naturel que nous y trouvions aussi, soit une plus grande ampleur dans la relative dépression océanique (indienne), soit une plus grande irrégularité dans les correspondants massifs continentaux, comme l'Australie et les fragments mineurs du Cambodge, du noyau de Bornéo, etc.; de toute manière, même en ce cas, faisant avancer idéalement ces massifs épars, en compagnie de l'Antarctide, dans l'aréa de l'Océan indien, nous voyons que dans l'ensemble ils viennent compléter assez bien l'Hémisphère continental surindiqué (Voir fig. 4 de la Planche).

L'impression et l'idée qui jaillissent spontanées de l'examen de cet Hémisphère surélevé ou continental, idéal, c'est qu'il soit vraiment existé à l'origine (rappelant par conséquent le *Land Hemisphere* de Jeans, en opposition à l'Hémisphère déprimé ou océanique, *Water Hemisphere*, ou Pacifique) et qu'ensuite cet Hémisphère continental se soit irrégulièrement fendu, fracturé, s'en détachant les différentes parties (5 principales) et s'éparpillant celles-ci autour du noyau central indo-africain. Il en serait par conséquent résulté autant de massifs continentaux (Eurasie, Australie,

Antarctide, Amérique du Nord et Amérique du Sud), détachés les uns des autres, et séparés du grand massif central par une large ceinture océanique, atlantico-indo-méditerranéenne (Voir fig. 5 et 6 de la Planche).

Cette idée rappelle à la pensée le phénomène des fentes caractéristiques produites par le refroidissement, la contraction ou la dessication, ou causes semblables d'origine essentiellement mécanique, avec successif éloignement des parties résultantes, que l'on observe en de nombreux cas dans la nature, comme par exemple dans certaines Bombes volcaniques, dans les coulées de lave, dans les nappes de basalte, dans les argiles, dans certains dépôts gypseux, dans les Septaires, Marnolites, etc.

Cette interprétation, dirais-je septarique, pourrait pourtant s'accepter seulement dans le cas, que l'on dû admettre, que dans l'évolution du globe terrestre il se soit vérifié une période de dilatation, et par conséquent de fendillement, antérieure à celle caractéristique et indéniable de condensation et de retrécissement, qui s'est vérifiée dans les dernières périodes géologiques et qui se continue encore aujourd'hui. Cette hypothèse, bien que trouvant quelque appui dans la *expansion theory* de Mellard Read, ne semble pas trop probable en vue du fait qu'aussi les terrains archaïco-paléozoiques, qui constituent les Massifs anciens, montrent souvent, avec des plis nombreux et forts (quoiqu'aujourd'hui généralement rabotés), d'avoir subi un intense phénomène de corrugation, produit probablement par une contraction et non par une dilatation de la Lithosphère.

En tout cas il est clair et évident que les différents massifs continentaux, bien que même surgis loins les uns des autres, ont réagi, dirais-je, entre eux, s'influencèrent réciproquement, pendant qu'ils esquissaient leur forme générale résultant justement soit des influences génétiques fondamentales dans la formation de l'écorce terrestre, soit d'actions dynamiques diverses, plus ou moins régionales, et cela, comme il est naturel, d'autant plus profondément que ces Massifs étaient plus voisins, comme par exemple ceux qui se font vis-à-vis sur les deux bords de la grande fosse longitudinale de l'Atlantique.

L'explication naturelle du phénomène, dirais-je septarique, surindiqué, se trouve par conséquent et essentiellement dans les résultantes complexes des forces tangentielles, agissant en degrés et manières différents dans la déformation et dans les adaptations primitives de la lithosphère, d'où le fait que ses segments plus petits, relevés ou continentaux, prirent une forme préférablement subtriangulaire, tandis que les segments plus grands, de dépression ou océaniques, prirent une forme grossièrement polygonale. C'est un phénomène physique qui se vérifie souvent dans une surface qui se divise en petits et grands fragments, et par conséquent il dût se vérifier dans la masse lithosphérique qui se brisait, pour ainsi dire, ou mieux se déformait, avec des angles saillants et des angles rentrants,

de forme et d'orientation variés selon la valeur et la direction des composantes des forces, auxquelles elle était assujettie.

Certainement l'importance de la fracture de la Litosphère est très grande, et je rappelle à ce propos que Mr. Daubrée, dans ses *Etudes synthétiques de Géologie expérimentale*, 1879, en traitant des failles, écrivait à page 300 qu' « elles jouent un rôle de premier ordre dans l'écorce « terrestre, qu'elles divisent en innombrables compartiments, en sorte de « voussoirs ; elles forment comme les linéaments, auxquels se coordonnent « les traits du relief terrestre ».

Une fois constitués les premiers noyaux de stabilité ou de surrection ou continentaux (de plissement d'ensemble positif) et les relatives dépressions océaniques, on peut suivre assez facilement leur évolution, ainsi que j'ai essayé d'esquisser à grands traits dans mon « *Essai sur l'Orogénie de la Terre* », auquel par conséquent je renvoie, car je dois seulement y faire pour le moment peu de variations, dérivées particulièrement des recherches géologiques et bathymétriques exécutées en ces dernières dix années, spécialement dans les régions circumpolaires.

J'ai d'autre part indiqué ces variations sur la carte orogénique annexe, en attendant que les futures études géologiques et bathymétriques en suggèrent d'autres plus ou moins importantes, particulièrement dans les régions moins explorées, comme par exemple, parmi les régions continentales, l'Asie et, parmi les régions océaniques, les circumantarctiques et plusieurs, même assez vastes, de l'Océan Indien et du Pacifique ; en effet plusieurs de ces régions représentent encore aujourd'hui presque des *incognita*, où par conséquent le tracé des zones orogéniques y constitue pour le moment un simple tentatif provisoire (1).

---

(1) Parmi les doutes nombreux se rapportant aux reliefs sous-marins et qu'il serait intéressant d'éclaircir par de bonnes recherches bathymétriques, je rappelle par exemple la jonction éventuelle de la zone orogénique des Hawai avec celle des Iles Marquises, ce qui constituerait un grand, immense cercle orogénique extérieur, ou oriental, du Bassin du Pacifique.

Outre à la regrettable pauvreté de données bathymétriques actuelles, il y a, malheureusement, parfois encore aujourd'hui des différences notables entre les Cartes bathymétriques, même les plus récentes ; ainsi p. e. la *Bathymetrical Chart of the Oceans*, selon S. Murray, et la *Carte générale Bathymétrique des Oceans* (à l'échelle de 1 à 10.000.000) dressée en 1905 par ordre du Prince de Monaco, indiquent à Nord-Est de la Géorgie du Sud une ample et profonde dépression océanique, tandis que par contre dans l'*Uebersicht von Süd-Amerika* rédigé en 1906 par H. Habenicht dans le *Stielers Hand Atlas*, on trouve marquée une zone très étendue et allongée, s'élevant comme une croupe à 1000 m. sous le niveau marin, et qui par sa forme et par sa direction nous indiquerait un reliement du relief de Tristan de Cunha avec l'intéressant collier orogénique, étroit et allongé, de la Géorgie du Sud.

Pourtant par égard à l'évolution orogénique de la Litosphère je crois opportun de faire quelques considérations de différent genre.

Pour la Paléogéographie je rappelle que la plus grande partie des géologues admet des grandioses effondrements de la Lithosphère qui seraient survenus en une époque pas trop reculée de la nôtre; comme par exemple l'*Atlantide* (ancienne idée de Platon) qui aurait relié l'Europe avec l'Amérique du Nord, pour former un *Continent* unique *nord atlantique* ou *arctique* ou *arctique-algonkien*, ou *néarctique*, ou *boreal*, ou *Arctogee* (à opposer à la *Néogee* du Brésil, à la *Notogee* de l'Australie, etc.). L'on suppose généralement que l'Afrique, ou *Plateau indo-africain*, ait déjà été relié à l'Amérique du Sud pour former le *Continent brésilo-éthiopien* de Neumayer ou *africano-bresilien* ou *Atlantide du Sud*, auxquelles conceptions paléogéographiques se relient plus ou moins amplement les idées d'une *Region austro columbienne* de M. Huxley. Plusieurs auteurs supposent un ancien *Continent indien* ou *Lemuria*, une ancienne *Peninsule indo-malgache* ou même un *Continent austr alo-indo-malgache* (*Continent de Gondwana* de Suess) ou un *Continent africo indo-polinésien*, selon Frech, même uni à l'Europe et au Brésil. D'autres au contraire admettent un *Continent sino-australien* qui se serait étendu de l'Asie à l'Australie; d'autres enfin, comme Huxley, Bauer, Neumayer, Wichmann, Haug, Frech, etc. supposent l'existence d'un grand *Continent pacifique*, maintenant complètement effondré.

Ces Continents idéals ne me semblent guère admissibles en général, à moins qu'on en fasse reculer l'existence à de très anciennes périodes géologiques, c'est-à-dire quand les aires continentales commençaient à se distinguer de celles océaniques et par conséquent non plus dans le sens d'un phénomène relativement récent, dirais-je cénozoïque, ainsi qu'on l'interprète généralement. Il me semble au contraire que l'on doit admettre, au moins en ligne générale, la persistance complexive des régions continentales et de celles océaniques après leur différentiation initiale, bien que l'on doive naturellement reconnaître des transgressions et des régressions marines répétées et souvent très vastes par égard à ces aréas continentales. De ces transgressions nous avons aussi des exemples actuels notables, comme nous le montre l'immense bas-plateau sous-marin quadrangulaire (situé à N. O. de l'Europe) duquel s'élèvent les Iles Britanniques; ceux du Spitzberg-Terre de François Joseph, de la Baie d'Hudson, du Canada Oriental, du Cap de Bonne Espérance, du Madagascar méridional, de l'Australie septentrionale et de tant d'autres semblables bas-plateaux sous-marins (indiqués par les cartes bathymétriques) qui me paraissent en grande partie interprétables justement comme des Zones ou Massifs anciens un peu abaissés, et par conséquent couverts transgressivement par les eaux marines.

De même pour les Zones orogéniques récentes, généralement indiquées

comme des géo-synclinaux, on a une sorte de tendance à en constituer une *ceinture subéquatoriale* ou *méditerranéenne générale*, étendant ainsi à toute la Terre un phénomène essentiellement caractéristique du Monde ancien (la *Téthys* de Suess). En effet, cette ceinture vers l'ouest s'interrompt bien clairement à travers l'Atlantique et d'autre part à Est de l'Eurasie elle se dédouble et se développe essentiellement comme une série circumpacifique, outre qu'elle se subdivise et se multiplie de la manière la plus variée à travers presque toute l'ample étendue du Pacifique.

Pour des motifs analogues, c'est-à-dire pour avoir pris comme point de départ des études orogéniques l'Europe et avoir cru pouvoir en étendre les modalités orogéniques à toute la surface terrestre, l'idée est surgie, soutenue par plusieurs auteurs, que les ondes orogéniques originées premièrement dans les régions boréales, se soient en général propagées de nord à sud comme des ondes excentriques régulières. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la carte orogénique qui accompagne cette note pour comprendre qu'une telle idée ne peut être prise comme concept général et fondamental de l'Orogénie terrestre.

Sur cette petite carte orogénique j'ai pu naturellement indiquer seulement les lignes orogéniques ou directrices principales, c'est à dir les lignes moyennes ou qui résument une série de plis subparallèles, négligeant les lignes orthogonales, ou presque, aux principales, quoique souvent ces plis transversaux ont aussi une certaine importance.

Ces prémisses étant données, il me semble que l'on puisse, de la manière la plus simple et schématique, esquisser l'évolution orogénique de la surface terrestre dans ses lignes essentielles, en la réduisant à deux grandes périodes principales (qui peuvent naturellement se subdiviser en plusieurs sous-périodes), matériellement synthétisées en deux formes principales de la surface terrestre, c'est-à-dire : *Massifs anciens* et *Zones orogéniques récentes*, bien que souvent les premières passent aux secondes en laissant par conséquent des incertitudes de démarcation.

Les **Massifs anciens**, parfois de constitution tectonique tabulaire, souvent pourtant fortement plissés et soulevés (mais maintenant en général plus ou moins rabotés, arrondis ou aplanis) représentent, dans l'ensemble, le squelette ou charpente fondamentale des grands Continents actuels et sont les premiers compartiments soulevés, ou restés élevés, pendant que les régions environnantes s'abaissaient ; les primitifs bourrelets ou bosselements de l'écorce terrestre, les saillies primordiales des Continents, les larges faîtes d'élévation ancienne des complexes de plis

positifs de la Lithosphère; ils sont devenus avec les temps géologiques des voussoirs solides, môles, massifs rigides d'ancienne consolidation, dômes cristallins, boutoirs résistants, espèces de gigantesques piliers stables, les *Horst* de Suess. Ce sont des aréas continentales de forme pseudo-tabulaire, presque immobiles, au point de maintenir leur individualité fondamentale à travers toutes les époques géologiques, même étant quelquefois recouvertes par des terrains sédimentaires plus ou moins jeunes, qui souvent leur sont superposés en position presque horizontale, justement parce que les tables cristallines, placées au dessous, ne se sont plus plissées depuis des temps très reculés.

Ces Massifs anciens sont constitués généralement :

*1*e) par un noyau de roches archaïques, que nous pouvons appeler *Massif ancien* str. s. ou *Noyau archaïque,* ou *huronien* ou *calédonien*, et qui est souvent le vrai noyau plus ou moins excentrique des Continents actuels, dont il esquissa les traits fondamentaux dès l'époque paléozoïque; p. e. le *Bouclier canadien* ou *laurentien* de l'Amérique du Nord-Groënland, le *Bouclier baltique*, ou *finno-scandinave* ou simplement *scandinave,* de l'Europe septentrionale, le *Bouclier sibérien* de l'Asie septentrionale, etc.

Ces noyaux archaïques sont caracterisés aussi orographiquement par des régions pour le plus émoussées, aplaties, les *péneplaines* de Davis ou *Pays de plateaux* (comme p. e. une grande partie du Canada), phénomène qui est dû à une très ancienne érosion et par conséquent au rabotement de leurs reliefs primitifs. Ils se présentent en outre généralement avec des côtes litorales uniformes, comme celles de l'Afrique, de l'Inde, de l'Australie, etc. par l'abrasion des anciennes irrégularités ou articulations peninsulaires et le remplissage des sinuosités par les depôts terrigènes.

*2*e) par des formations ou zones en grande partie constituées de terrains archaïques et paléozoïques et que nous pouvons appeler *Zones anciennes* ou *hercyniennes* l. s., plus ou moins périphériques aux noyaux primitifs auxquels ils forment une ceinture ou des appendices plus ou moins rapprochées; ces zones anciennes souvent constituent encore aujourd'hui des chaînes montueuses, non des plus élevées pourtant, comme par exemple la zone appalachienne, la zone ouralienne, les petits massifs épars de l' Europe méridionale, du S. E. de l'Asie, etc.

Les *Massifs anciens* en question sont généralement aséismiques, s'étant, on peut dire, aujourd'hui cristallisés et consolidés, avec leurs anciennes fractures resoudées et ayant par conséquent acquéri un équilibre presque stable; néanmoins on peut encore y vérifier des grandioses fractures, dirais je presque des fentes de vieillesse, comme par exemple dans l'Afrique orientale et dans l'Arabie, dans la partie septentrionale de l'Amérique du Nord, la grande fosse entre cette région et le Groënland (fosse comparable pour différents aspects à celle analogue de la Mer Rouge), etc.

Pourtant les *Zones anciennes* (*armoricaines-varisiques* ou *hercyniennes*) sont souvent pénésismiques, c'est-à-dire avec une espèce de survivance des efforts géotectoniques qui réprésentent justement et très naturellement le passage, au point de vue sismique, entre les Massifs anciens (déjà parvenus au repos presque complet par la cristallisation ou consolidation de leur masse et par l'extinction des efforts géomorphogéniques), et les zones orogéniques récentes avec une activité sismique intense et par conséquent relativement instables.

Pour des raisons analogues le vulcanisme manque dans les aires des Massifs anciens, sauf où s'y vérifièrent des fractures grandioses et très profondes, quelquefois des vrais fossés d'effondrement, avec d'énormes failles, comme par exemple dans la région déjà indiquée de l'Afrique orientale. Pourtant ces régions archaïques-paléozoïques, plus ou moins plissées et érodées, si elles sont aujourd'hui rarement volcaniques, elles présentent souvent en tous sens des fractures jalonnées par des filons et des épanchements de Porphyres, de Trapps, etc.

Assez souvent ces vieilles aires continentales tendent à se fendre en tout sens, d'où un morcellement, un craquillement extraordinaire des massifs primitifs, ainsi que nous voyons par exemple dans la partie septentrionale de l'Amérique du Nord, dans l'Europe centrale et méridionale, etc.

Ces Massifs primordiaux roidis, solidifiés, jouèrent par la suite le rôle soit d'étaux ou de machoires écrasantes les zones intermédiaires, soit d'obstacles qui imprimèrent la direction à tous les plissements postérieurs de la stratosphère, spécialement dans les zones sédimentaires et relativement encore faibles, souples et flexibles (les zones orogéniques récentes); zones devenues d'autant plus plastiques à cause des successives accumulations de dépôts sédimentaires qui, en suite, par des refoulements tangentiels, formèrent les plus importantes chaînes des montagnes actuelles.

Les Massifs anciens qui donnèrent les premiers linéaments de la Géographie du Globe terrestre sont spécialement les suivants:

Le *Massif africain* (l. s.), c'est-à-dire en y comprenant l'Arabie avec l'appendice orientale, ou *Massif madagascarien* ou *malgache*, aux quels on peut presque relier le proche et semblable *Môle indien* ou *Terre de Grondwana* (avec le petit Massif de Shillong).

Le *Massif sud-américain* ou *brésilien-guyanien*.

Le *Massif nord-américain*, avec naturellement le Groënland, et, à ovest, la région ancienne de l'Idaho, etc.

Le *Massif européen* ou *calédonien*, avec les appendices ou tronçons, dirais-je, de brisement et de morcellement, soit septentrionaux, comme les Massifs morcelés du Spitzberg et de la Terre de François Joseph, soit méridionaux, c'est-à-dire la Bretagne ou Massif armoricain, la Meseta

ibérique, le Plateau central, les Môles des Vosges et de la Forêt Noire, les différents dômes de la Bohême, de la Franconie, etc., le Massif corso-sarde, le Massif hongrois ou d'Agram, le Massif de Rhodope (Macédonie-Tauride).

Le *Massif siberien* (qui se relie bien avec celui européen au moyen de la zone intermédiaire ouralienne) avec des ondes orogéniques partiellement concentriques; ces zones anciennes périphériques s'étendent au *Continent de l'Angara* et tendent vers le sud-est aux massifs de la Mandchourie, de la Corée et du S. E. de la Chine (*Môle sinien*) et peut-être même du Cambodge et de la Sonde, mais passent aussi souvent graduellemente aux zones orogéniques récentes.

Le *Massif australien*, trapu, anguleux.

Le *Massif antarctique* ou *austral*, probablement subtriangulaire et un peu semblable à celui brésilien.

Dans la partie périphérique des Massifs anciens l'on vérifie quelquefois un vrai passage graduel entre les zones anciennes et les zones orogéniques récentes ; mais bien souvent il existe au contraire, plus ou moins étendue, une zone marginale de transgressions, d'accidents tectoniques, linéaires ou arqués, de toute sorte, des zones-cuvettes ou sillons d'affaiblissement, des plis monoclinaux ou compliqués, des lithoclases diverses, des dislocations disjonctives, des morcellements, etc., accompagnés ou suivis par des glissements, des effondrements le long des cassures, des tassements plus ou moins importants et produisant (sur une échelle plus ou moins vaste) des dénivellations de tout genre et d'importance variée. C'est-à-dire que souvent les Massifs anciens sont bordés, presque limités, par des escarpements abrupts, par des espèces de champs de cassure et d'affaissement, de débâcle géotectonique et d'écroulement, vastes fosses d'enfoncement de parties de l'écorce terrestre qui deviennent, soit des dépressions sous-marines, soit des grandes plaines d'alluvionnement (comme p. e. celles de l'Indostan, de la Mésopotamie, de la Plata, etc.), soit des géosynclinales, bien qu'il n'y manque pas, par endroits, des aréas de flexures, de rides et de plissements.

Il est évident qu'une grande partie de ces régions marginales des Massifs anciens a subi à bien des reprises, et subit parfois encore aujourd'hui, des efforts mécaniques capables d'en déterminer la rupture et d'y produire par conséquent de grandioses aussi bien que de variés phénomènes de décrochement, de déformation, de dislocation et, comme suite naturelle, parfois de séisme et de volcanisme.

Les **Zones orogéniques récentes**, grandes vagues orogéniques plus ou moins consolidées, ou zones récentes de refoulement en plis, de redressement, presque les dernières zones de fléxibilité, de relative faiblesse de la Stratosphère, ont souvent un *substratum* plus ou moins visible de terrains archaïques et paléozoïques qui les relient assez bien avec les zones anciennes indiquées plus haut.

Justement pour ces motifs l'on reste bien souvent incertains dans l'indication et dans la distinction de vastes régions à caractères mixtes; ainsi par exemple la zone grandiose des Alpes australiennes présente plusieurs caractères (spécialement de rapport avec les régions environnantes) qui la feraient placer parmi les zones orogéniques récentes (quoique en réalité très ancienne), tandis, que par contre, de nombreux caractères, surtout géologiques et orographiques, tendent plutôt à la faire interpréter comme une zone ancienne, ce qui d'ailleurs nous expliquerait mieux comment à Est de cette Chaîne montueuse il se vérifie le grandiose et complexe amoncellement des nombreuses zones orogéniques récentes constituant l'Océanie.

En effet les Zones en examen, bien qu'on les appelle récentes par égard aux grands Massifs anciens, ont leur surrection en chaîne montueuse qui est certes une œuvre de longue haleine puisque leur plissement a souvent commencé dès l'ère paléozoïque et s'est continué successivement avec des mouvements et des dislocations, dirais-je palpitations orogéniques, de différente intensité, qui se sont vérifiés plus ou moins rythmiquement par la suite, souvent dans les mêmes zones; car on observe une espèce de persistance ou permanence des efforts de refoulement et de plissement dans les mêmes régions à plusieurs reprises (dirais-je des paroxismes orogéniques, parfois isochrones pour des grandes parties de la Lithosphère), séparées par des périodes presque de calme et de repos orogénique.

Ces persistances ou récurrences des phénomènes de plissement presqu'aux mêmes places, déjà signalées par Godwin-Austin en 1855 et mieux confirmées par M. Bertrand en 1893, ne se produisent naturellement que jusqu'à la consolidation des plis et à leur profonde cristallisation, car alors la région, devenue rigide, prend sa place parmi les Massifs anciens, tandis que de nouveaux plissements orogéniques se forment devant ou autour de ces régions, qui finalement se sont consolidées. En conséquence on observe souvent un passage graduel entre deux régions orogéniques (qui pourtant sont distinctes dans l'ensemble), l'une, vieille, cristalline, fixe, l'autre, jeune, sédimentaire, flexible.

Les Massifs anciens, de cette manière, s'agrandissent petit à petit aux dépens des Bassins océaniques. Ainsi dans la constitution géologique de l'Europe, bien que très compliquée, mais aussi très bien étudiée, l'on a pu déjà distinguer plusieurs grandes rides orogéniques, formées successivement (*archéenne* ou *huronienne*, *calédonienne*, *hercynienne* ou *armoricaine* et *varischienne*, *alpine* et *apenninique*), chacune en retraite sur la précédente.

Ces moments orogéniques successifs nous indiquent que les efforts orogénétiques vont s'accumulant peu à peu jusqu'à ce qu'ils réussissent à vaincre les résistances multiples de la stratosphère, produisant des saccades, des transgressions, des différentiations sédimentaires et par con-

séquent biologiques, qui se transforment ensuite naturellement en ces différences lithologico-paléontologiques, qui constituent la base des divisions géologiques, faites par l'homme. J'ai déjà éxposé cette idée il y a une vingtaine d'années, dans une petite note sur la « *Classification des terrains tertiaires conforme à leur faciès*, 1887 », ayant pour base cette typique géosynclinale qui est le Bassin tertiaire du Piémont, qui s'est changé aujourd'hui partiellement en une nette géoanticlinale, ainsi qu'il en est justement de la Colline eo-miocénique de Turin.

Les Zones orogéniques récentes, ont, il est vrai, souvent une base, plus ou moins profonde, archaïco-paléozoïque, mais elles sont en grande partie constituées par des terrains mesozoïques et cénozoïques, et doivent leur soulèvement actuel spécialement à des plissements, qui se sont vérifiés pendant l'Ere cénozoïque.

Selon leur constitution, leur âge et leur position, ces *Zones* peuvent, au moins dans l'ensemble, se subdiviser en *alpines*, *apenniniques*, et *océaniques*, prenant justement comme type respectif les Alpes, l'Apennin et les guirlandes insulaires des différents océans. Ces Zones orogéniques récentes constituent, avec le type alpin, les lignes les plus marquées du relief terrestre (souvent avec leurs versants très abrupts et dissymétriques), les chaînes des montagnes les plus élevées, comme les Alpes, l'Himalaya, les Andes, etc.; avec ses différents types elles forment non seulement les régions continentales les plus accidentées, mais aussi les côtes marines les plus articulées, étant les régions plus jeunes, les dernières émergées et par conséquent pas encore trop erodées, dégradées et adoucies par les agents extérieurs.

Il y a aujourd'hui une tendance parmi les géologues à indiquer ces zones comme des géosynclinales; cela ne me semble pas trop convénient, soit parce que, si elles ont été jadis des synclinales, elles sont maintenant passées, ou sont en train de passer, à l'état de caractéristiques régions de géoanticlinales (avec lequel nom il serait par conséquent plus logique de les indiquer); soit parce que les zones orogéniques récentes n'ont pas été toutes de vraies géosynclinales, selon l'intérpretation généralement acceptée et comme elle fut proposée par J. Hall « *Natural Hystory of New-York*, III, 1859 » et Dana « *Manual of Geology*, 1875 » et developpée récemment par Haug « *Les géosynclinales et les zones continentales,* 1900 » etc. En effet, quelques unes de ces Zones orogéniques représentent le plissement de puissants sédiments terrigènes, qui se sont formés, soit simplement autour des Massifs anciens, contre lesquels ils furent ensuite poussés par les gigantesques efforts de refoulements tangentiaux auxquels l'écorce terrestre est soumise, soit en de très amples dépressions, relativement encore flexibles de la lithosphère, prises entre les Massifs anciens roidis, même si très éloignés, comme par exemple la grandiose géoanticlinale moyenne de l'Atlantique; car en ce cas il ne me semble pas que l'on puisse faire

intervenir comme cause essentielle de leur surrection orogénique la théorie des isogéothermes par sédimentation, c'est-à-dire, des veritables géosynclinales, selon qu'elle fut indiquée par Herschel, J. Hall, Dana, etc.

C'est en ces Zones orogéniques récentes, souvent de vrais faisceaux de rides, où s'est aujourd'hui essentiellement réduite la force plissante jadis étendue à presque toute la surface de la Terre, que l'on observe les plus forts troublements récents de l'équilibre de la croûte terrestre et par conséquent les plus beaux phénomènes géo-tectoniques, dûs spécialement à des poussées latérales, à des efforts tangentiaux sur la stratosphère, c'est-à-dire : ridements et plissements plus ou moins énergiques, rebroussements, étirements, laminages, redressements, renversements, recouvrements, plis ou nappes couchés, charriages, chevauchements, écrasements, etc., etc., accompagnés naturellement (quand le limite d'élasticité des roches étirées était dépassée) par des ruptures d'équilibre, lithoclases de toute sorte, failles, joints, décrochements, glissements, déplacements et dislocations différents, en grande ou petite échelle.

Les Zones orogéniques récentes sont essentiellement les zones volcaniques typiques de la Terre, en rapport naturellement avec la fracturation la plus intense et variée de la lithosphère, puisque ces zones sont les compartiments de la surface terrestre où, dans les dernières périodes géologiques se vérifièrent les poussées mécaniques les plus fortes et où les fentes, les dislocations les plus intenses, les plus profondes et les plus récentes devinrent naturellement les voies de communication les plus faciles de l'intérieur à l'extérieur de la surface terrestre. C'est en effet de cette concomitance de phénomènes géotectoniques, souvent et profondément lithoclasiques, que résulta le phénomène complexe de la volcanicité en général, c'est-à-dire : intrusions magmatiques et épanchements de diverse nature, montées de vapeurs et d'eaux minérales (d'où s'originèrent de nombreuses formations métallifères, de phénomènes de métamorphisme, etc.), en plus naturellement des véritables éruptions volcaniques, avec tout leur multiple cortège de phénomènes connexes et accessoires.

Ce sont de même spécialement les Zones orogéniques récentes les vraies régions séismiques, les bandes les plus mobiles de la surface terrestre, car elles correspondent, non seulement aux régions plus riches en volcans, mais aussi à celles plus amplement et plus récemment fracturées et disloquées, encore en voie de graduel arrangement et avec les fractures pas encore consolidées, c'est-à-dire pas encore cimentées par les magmas endogènes refroidis, ou par les dépôts minéraires d'origine exogène ou endogène, comme il s'est déjà vérifié presque partout dans les fractures des Massifs anciens. Il s'en suit de ces faits un état d'équilibre instable, une série de lents (Bradysismes) ou brusques mouvements, de tassements fréquents des compartiments disloqués, etc. En effet les Tremblements de terre sont, ou connexes avec les phénomènes volcaniques, ou causés par

des mouvements des lignes de failles différamment sollicitées par des manifestations, généralement brusques, dûes à l'accumulation de l'effort géotectonique, auquel souvent la faille est dûe, plus ou moins directement.

Très nette est souvent l'influence séismogénique des accidents géotectoniques (plissements, surrections, failles, effondrements, etc.), qui caractérisent justement les Zones orogéniques récentes, ainsi que l'a déjà très bien démontré M. De Montessus de Ballore dans son « *Essai sur le rôle séismogénique des principaux accidents géologiques*, 1903 ». Le Mappemonde séismographique uni à l'ouvrage récent du même auteur (*Les Tremblements de terre*, 1906) montre de la manière la plus claire et convainquante l'étroite connexion existante entre les zones séismiques typiques, ou régions instables de la surface terrestre, et les Zones orogéniques récentes.

Celles-ci sont en effet les zones où se vérifient les pulsations orogéniques de la croûte terrestre les plus intenses et les plus fortes, essentiellement par les actions tangentielles qui sont l'expression du raccourcissement de la surface terrestre, pour contraction du Globe, combinée avec la force de la gravité. Il est probable que ce sont spécialement les zones profondes, placées au dessous de la Lithosphère, chaudes, magmiques, malléables, riches d'eau surchauffée sous pression, avec des réactions chimiques intenses, etc., qui subissent les diminutions de volume les plus considérables et qui dirigent, pour ainsi dire, la vie tectonique, l'évolution orogénique générale de la Stratosphère superposée, par elle même presque inerte ou tout au-moins pas assez puissamment active pour produire les grandioses phénomènes orogéniques généraux qui se vérifièrent sur la croûte terrestre.

De ces Zones orogéniques récentes, quelques unes résultent évidemment de puissantes compressions, d'une espèce d'écrasement ou d'étranglement subi par les zones relativement faibles ou flexibles de la stratosphère, comprises et serrées (comme entre deux machoires solides qui tendent à se renfermer) entre les Massifs anciens, maintenant consolidés, qui lentement se rapprochent; quelquefois peut-etre même avec des phénomènes d'affaissements, renfoncements, chevauchements, etc., comme p. e. ceux imaginés par P. J. Holmquist pour la Scandinave en « *Bidrag till diskussion om de skandinaviske fjelkedjans tektonique*, 1901 » et développés par Van den Wiele dans ses « *Théories nouvelles de la formation des Alpes*, 1905 ». A de grandioses phénomènes d'étranglement est, évidemment, dûe p. e. la complexe zone alpino-himalayenne comprise et très puissamment comprimée entre le Massif européo-sibérien et celui indo africain. De même c'est caractéristique la zone moyenne atlantique, le seuil de l'Atlantique, vraie ligne résultante des forces de compression tangentielle agissant en sens contraire entre l'Europe-Afrique et l'Amérique; c'est une très ancienne autant que grandiose zone de dépression qui, selon mon idée, est en train

maintenant de se changer axiellement en une région anticlinale, ondulée suivant les directions des bords des Massifs anciens, entre lesquels elle se trouve renserrée.

D'autres Zones orogéniques récentes représentent de vraies accumulations de vagues orogéniques, soit contre et parmi des petits Massifs de morcellement (comme p. e. ceux de l'Europe centrale et méridionale), jouant presque le rôle d'écueils vers les vagues orogéniques, soit contre des grandioses Massifs anciens résistants, vrais obstacles à la propagation des efforts orogéniques, comme p. e. l'immense et compliquée chaîne des Montagnes Rocheuses (l. s.) - Andes, accumulée contre les Massifs anciens des deux Amériques.

En tout cas ces plis orogéniques présentent des formes, des alignements etc. en rapport plus ou moins direct avec la forme des obstacles résistants (Massifs anciens), quelquefois même pas bien visibles, contre et parmi lesquels ils surgirent.

Pour l'examen général des diverses Zones orogéniques récentes de la surface terrestre je renvoie simplement à la petite carte orogénique jointe à cet ouvrage, faisant encore une fois bien remarquer que les études incomplètes dans des régions continentales et les multiples et notables incertitudes sur la bathymétrie des grands océans, spécialement dans l'hémisphère du Sud, rendent de même naturellement incertaines et provisoires plusieurs indications de probables zones orogéniques, particulièrement de celles sous-marines.

Je crois pourtant de devoir attirer l'attention en ligne générale sur les caractéristiques Zones orogéniques à collier, souvent à curieuses anastomisations subcycloïdes, plus ou moins concentriques, avec la convexité retournée vers les régions de moindre résistance à la libre expansion des vagues-plis de la Lithosphère, ainsi que nous le voyons dans les guirlandes insulaires de la Micronésie, de la Mélanesie, de l'Archipel de la Sonde, des Aléoutines, des Antilles, des Shetland du Sud, etc.

De même ce sont très intéressantes les grandes vagues orogénetiques concentriques à l'Australie orientale dont elles ressentent, dirais-je, encore l'influence à plusieurs milliers de kilomètres.

Ce sont notables aussi les zones orogéniques qui se développent au centre du Pacifique, et dans l'ensemble de O.N.O. à E.S.E., c'est-à-dire le long des lignes résultantes des forces de compression tangentielle qui agissent, même bien de loin, sur le fond de ce très ample bassin océanique.

Digne d'observation c'est de même le fait que les nombreux plis himalayens se débandent rapidement et s'élargissent en éventail vers Est à peine ils se sentent, dirais-je, délivrés du puissant étau indo-siberien. C'est aussi intéressant le fait que certaines zones de plissement viennent presque à s'evanouir, quand elles arrivent dans d'amples régions peu

comprimées. Nous voyons cela par exemple dans des vastes regions du Pacifique, au centre presque de l'Océan Indien, dans le sud de l'Atlantique, etc., présentant ainsi presque une sorte d'incertitude de direction orogénétique, évidemment parce qu'elles ne sont plus sollicitées par des forces intenses et bien définies.

Assez curieuses ce sont les fortes courbes, que forment parfois certaines zones orogéniques autour de petits restes (aujourd'hui en grande partie abrasés, cachés et ensevelis) de Massifs anciens, comme p. e. l'arc carpathique autour du résidu du Massif hongrois.

Bien curieux aussi sont les enroulements saillants, que présentent certaines zones orogéniques récentes, spécialement océaniques: ainsi p. e. ceux autour du Bassin de Banda dans l'Archipel de la Sonde, ceux de l'Archipel de Bismarck, ceux des Antilles, etc.; évidemment ces phénomènes se relient génétiquement aux fortes courbes orogéniques si fréquentes à la surface terrestre, p. e. celles de la Méditerranée occidentale, de la Géorgie du Sud, etc. Tous ces faits nous indiquent la grande plasticité des zones orogéniques récentes et leur surprenante adaptation aux diverses forces qui en manière et en sens variés les sollicitent et en dirigent le développement.

L'on doit encore rappeler certains noeuds spéciaux orogéniques, points où convergent plusieurs zones de plis, noeuds très intéressants qui, si sous-marins, demandent encore pour leur interprétation des recherches bathymétriques diligentes, comme par exemple pour Tristan d'Acuhna, les Kerguelen, etc.

Ces noeuds prennent souvent la forme de dédoublements ou bifurcations, ainsi que l'on vérifie en certaines régions de plis orogéniques, comme par exemple dans l'extrémité N.E. de l'Asie, dans la partie S.E. de l'Archipel de la Sonde (curieuse spécialement la forme chirographique des Célèbes), dans la région des Antilles, etc.

Si on considère quelle grande influence eurent les mouvements des Zones orogéniques récentes sur la oro-hydrographie terrestre, sur les courants aériens et marins, sur les précipitations atmosphériques, sur les climats et par conséquent en général sur la Flore et la Faune, il est facile de comprendre l'importance très grande et de genre très varié qu'a eu sur toute la Terre la constitution, la direction et le développement de ces zones.

Enfin quant aux Bassins océaniques, grandes cuvettes ou déformations négatives de la croûte terrestre, régions ou gigantesques segments de la Lithosphère qui se déprimèrent pour les premiers, on y pourrait faire de même la distinction, comme pour les régions continentales, en *Bassins anciens* et *récents*.

Les **Bassins anciens**, très amples, peu accidentés, furent déterminés par un ensemble de phénomènes physiques de caractère général (exposés dans la première partie de cette note) avec des phénomènes régionaux, bien qu'aussi très amples, comme p. e. une plus grande densité ou un plus rapide refroidissement et une plus grande contraction de la matière, spécialement périphérique, du Globe.

Nous ne pouvons plus désormais tracer ces Bassins anciens ou primitifs (qui correspondent, négativement, aux Massifs anciens continentaux), soit parce qu'ils se sont très notablement et variablement transformés après l'Ère arcaïque, soit parce que nous manquons de données positives à cet égard; nous pouvons seulement supposer qu'ils étaient très amples, immensément plus amples que les Massifs anciens émergés et qu'ils formaient dans leur ensemble des régions subocéaniques plates ou peu ondulées.

Probablement l'on peut considérer comme des restes actuels de ces Bassins anciens les bas-plateaux subocéaniques un peu profonds qui se développent souvent par milliers de kilomètres carrés, avec peu de différences bathymétriques, spécialement dans les océans les plus amples; comme p.e. l'immense bas-plateau du Pacifique septentrional, qui a une profondité moyenne d'environ 5000 m., se soulevant vers le Sud jusqu'à émerger dans la zone du long archipel des Hawaï et s'abîmant vers le Nord à plus de 7000 m. dans les longues fosses aléutiennes.

Je ne crois pas que l'on doive (ou seulement en petite partie), attribuer la forme plate de ces grandioses et profondes plaines subocéaniques à des phénomènes de sédimentation, mais elles me paraissent plutôt devoir être interpretées comme des zones de la Lithosphère qui s'abaissèrent depuis des temps géologiques très anciens.

Tandis que dans les Bassins océaniques nous voyons s'élever et se développer des lignes orogéniques positives, c'est-à-dire constituant des zones relevées, d'autres données, (comme par exemple les fosses de plus de 7, 8 et 9000 mètres de profondité, les résultats des trivellations de Funafuti, etc.) nous indiquent par contre que dans certaines aréas océaniques se vérifient des notables affaissements récents. Ce fait pourrait s'expliquer en supposant que, tandis que dans les Bassins océaniques, par des compressions tangentielles ou autres semblables, se constituent et

s'accentuent variablement des plissements positifs avec leur ordinaire accompagnement de fracture, volcanisme, séisme, etc. (c'est-à-dire les zones orogéniques qui tendent à former des régions relevées), contemporainement les grands Bassins océaniques vont aussi compléxivement s'abaissant, s'abîmant, ce qui d'ailleurs irait d'accord avec la théorie de Jeans, savoir avec la transformation graduelle de la poire planétaire (Voir fig. 2 et 3 de la Planche).

Les **Bassins récents**, résidus des premiers Bassins anciens, mais très réduits d'étendue, sont subdivisés par les nombreuses zones orogéniques positives surgies et développées successivement pendant les dernières époques géologiques dans leur aire primitive bien plus ample et régulière. Pour la forme et la distribution de ces Bassins récents, qui représentent en grand partie les géosynclinales actuelles, voir la petite carte orogénique jointe à cette note où les principaux furent indiqués schématiquement.

Dans cette planche j'ai cru convenable de marquer d'une manière plus distincte, quoique synthétique, les plus grandes profondités océaniques, les vallées ou fosses marines descendant en général à 4000, 5000, jusqu'à 9000 m. sous le niveau marin (1), fosses intéressantes puisqu'elles nous indiquent les zones de plus grand abaissement de la Lithosphère et correspondent par conséquent, négativement, aux zones des plus grands reliefs continentaux.

Quelques unes de ces vallées sont seulement les régions plus profondes des Bassins océaniques, auxquelles elles passent graduellement ; certaines autres, par contre, sont très intéressantes parce qu'elles représentent de véritables fosses (str. s.), de vrais ravins, savoir, des zones allongées d'effondrement ; je crois qu'elles constituent des géosynclinales récentes, correspondantes, négativement, aux chaînes montueuses les plus accentuées des zones orogéniques récentes. Ces fosses profondes doivent être relativement récentes, par le fait même de n'avoir pas encore été remplies par des dépôts sédimentaires ; ces géosynclinales sont pour la pluspart indépendantes des bassins voisins océaniques et paraissent par contre étroitement reliées à de très proches et saillantes anticlinales, ou zones orogéniques récentes, qui

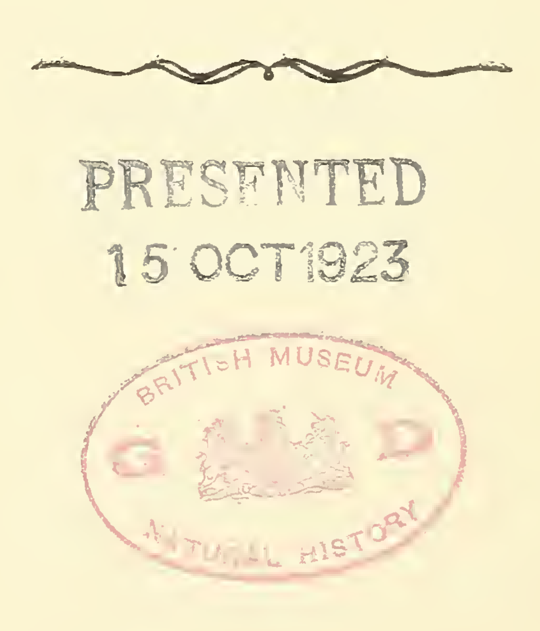
---

(1) J'ai considéré la cote bathymétrique, non pas comme caractère absolu, mais relatif à la forme des fonds océaniques ; ainsi par exemple je n'ai pas marqué comme une fosse océanique le fond très ample (d'environ 5000 m. de profondeur) de l'Océan Pacifique septentrional parce qu'il constitue dans l'ensemble un énorme plateau par égard à la véritable fosse aléutienne qui lui est proche : au contraire, j'ai marqué parfois comme fosses, même des depressions seulement profondes 3000 m., mais ayant la vraie forme de vallée ou d'abaissement allongé par rapport aux régions environnantes plus ou moins élevées.

s'y développent parallèlement. Par contre elles ne longent pas les Massifs anciens, ce qui est très suggestif par égard à l'âge et à l'origine de ces fosses-ravins; rappelons, comme des exemples typiques, les fosses à Ovest de la Cordillère des Andes, à Est du Mexique, à N. E. de Puertorico, à Sud de la guirlande aléutienne, à Est du Japon, à S. E. des Marianes, à Est des Tonga-Kermadec, à S. O. de l'Archipel de la Sonde, à Est de la Nouvelle Zélande, etc.; où les zones orogéniques se présentent avec de fortes courbes ou enroulements, là les fosses océaniques prennent la forme curieuse de cavités profondes, presque circulaires, comme p. e. la fosse-puits de Banda.

Pour de plus amples détails sur les Massifs anciens, sur les Zones orogéniques récentes et sur la probable évolution orogénique de la Lithosphère dans le passé et dans l'avenir je renvoie à mon « *Essai sur l'Orogénie de la Terre*, 1895 ».

Château du Valentino, Turin, Avril 1906.



PRESENTED
15 OCT 1923


ESSAI DE SCHÉMA OROGÉNIQUE DE LA TERRE
par
FEDERICO SACCO
(1e edition 1895 - 2e edition 1906)
Figure de JACOBI qui, se déformant, devient la figure
de POINCARÉ calculée par G. H. DARWIN.
Axe
Fig. 1
Schéma de Poire planétaire et de sa transformation
dans le refroidissement.
Selon F. H. JEANS et l'interprétation de F. SACCO
Dépression océanique atlantico-indo-méditerr.
Ceinture continentale américo-euras-austral-antarct.
Fig. 2
Fig. 3
(BASSIN BORÉAL)
PACIFIQUE BORÉAL
(BASSIN PACIFIQUE CENTRAL)
POLYNÉSIEN
(BASSIN PACIFIQUE ORIENTAL)
(BASS. PACIFIQUE AUSTRO-OCCIDENTAL)
(B. PACIF. AUSTRO-ORIENTAL)
(B. PACIFIQUE AUSTRAL)
(BASSIN ATLANTIQUE OCCIDENTAL)
(BASSIN ATLANTIQUE ORIENTAL)
(BASSIN ATLANTIQUE AUSTRAL)
Zone atlantique longitudinale
(BASSIN ARABO-INDIEN)
(BASSIN INDIEN OCCIDENTAL)
(BASSIN INDIEN ORIENTAL)
(B. INDIEN AUSTRAL)
(BASSIN AUSTRALIEN)
(BASSIN MELANESIEN)
(BASSIN
MASSIF NORD-AMÉRICAIN
MASSIF GUYANIEN
MASSIF BRÉSILIEN
MASSIF AFRICAIN
MASSIF ARABE
MASSIF INDIEN
MASSIF SIBÉRIEN
MASSIF AUSTRALIEN
MASSIF ANTARCTIQUE
ZONES ANTARCTIQUES
ZONE HERCYNIENNE
ZONE ASIATIQUE CENTRALE
ZONE ASIATIQUE SEPTENTRIONALE
ZONE AFRICAINE SEPTENTRIONALE
ZONES AFRICAINES MÉRIDIONALES
(Bassin du Mexique)
(Bassin des Antilles)
(Bassin Nord-Américain)
(Bassin Argentin)
(Bassin du Cap)
(Sahara)
(Congo)
(Tibet)
(Gobi)
(Méditerranée or.)
Plateau du Pacifique
Plateau de l'Atlantique
Plateau de l'Océan Indien
Zone polynésio-américaine
Zone pacifique australe
Zone africo-australe
Zone indo-arabe
Zones australes longitudinales
Alpes australiennes
Nouvelle Zélande
Fig. 4
Eur - Asie
Amérique du Nord
Afrique
Inde
Australie
Amérique du Sud
Antarctide
Schéma d'Hémisphère continental avec les Massifs anc. et les Zones anciennes rapprochés.
Fig. 5
Fig. 6
Schéma d'Hémisphère continental et d'Hémisphère océanique avec seulement les Massifs et les Zones anc.
Zones orogéniques récentes
ZONES OROGÉNIQUES ANCIENNES
MASSIFS ANCIENS
Lignes princip. de dislocations
Fosses marines
BASSINS MARINS
Federico Sacco delin. - Avril, 1906


BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

